



Projet n°AURG/2/161

Aval Fonio

Amélioration de l'après récolte et valorisation du fonio en Afrique

WORK PACKAGE 4

Processus d'innovation dans les petites agro-industries de transformation du fonio

Livrable 18

Entreprises de transformation du fonio et innovations au Mali



Auteurs: FERRE Thierry, MEDAH Ignace, GUINDO Fanta, CRUZ Jean-François

Février 2018

Coordination générale du projet : CRUZ Jean-François (Cirad)

CIRAD (Centre de Coopération internationale en Recherche Agronomique pour le Développement) – France

IER (Institut d'Economie Rurale) – Mali

IRSAT (Institut de Recherche en Sciences Appliquées et Technologies) – Burkina Faso



Union Africaine



Union Européenne
Procédure EuropeAid

Projet n°AURG/2/161

Aval Fonio

Amélioration de l'après récolte et valorisation du fonio en Afrique

WORK PACKAGE 4

Processus d'innovation dans les petites agro-industries de transformation du fonio

Livrable 18

Entreprises de transformation du fonio et innovations au Mali

Coordination générale du projet : CRUZ Jean-François (Cirad)

CIRAD (Centre de Coopération internationale en Recherche Agronomique pour le Développement) – France

IER (Institut d'Economie Rurale) – Mali

IRSAT (Institut de Recherche en Sciences Appliquées et Technologies) – Burkina Faso

Février 2018

Auteurs:

FERRÉ Thierry ⁽¹⁾, MÉDAH Ignace ⁽²⁾, GUINDO Fanta ⁽³⁾, CRUZ Jean-François ⁽⁴⁾,

(1) Cirad (Centre de Coopération internationale en Recherche Agronomique pour le Développement)
UMR Innovation, Département ES, TA C-85/15, 73 rue J.- F. Breton, 34398 Montpellier Cedex 5, France

(2) IRSAT (Institut de Recherche en Sciences Appliquées et Technologies)
03 B.P. 7047 Ouagadougou 03, Burkina Faso.

(3) IER (Institut d'Economie Rurale) Rue Mohamed V, BP: 258, Bamako, Mali.

(4) Cirad (Centre de Coopération internationale en Recherche Agronomique pour le Développement)
UMR QualiSud, Département Persyst, TA B-95/16, 73 rue J.- F. Breton, 34398 Montpellier Cedex 5, France

Remerciements

Les auteurs remercient très sincèrement les très nombreux acteurs de la filière fonio ainsi que les chercheurs et les professionnels du développement qui ont accepté de leur consacrer du temps lors de cette étude. Ces remerciements s'adressent notamment aux transformatrices de fonio et particulièrement à Mme Fadima MARIKO (UCODAL), Mmes Aissata DEM THIAM et Halatou DEM (Danaya Céréales). Les auteurs remercient chaleureusement les fabricants d'équipements qui ont accepté de leur consacrer du temps et particulièrement les personnels et responsables des entreprises IMAF et SIPS à Bamako. Nos remerciements s'adressent également à Mme Adama TALL (Afrique Verte Amassa Mali) et Mlle Kadidiatou COULIBALY étudiante de l'Université Montpellier pour sa contribution au travail de recensement des entreprises de Bamako.

Nota : Ce travail est soutenu financièrement par l'Union Africaine (procédure EuropeAid). Il ne reflète pas nécessairement les vues et en aucun cas ne préfigure la politique future de l'Union Africaine dans le domaine. Il a également été appuyé par le Cirad dans le cadre du chantier IMPact des Recherches au Sud (IMPRESS).)

Photo de couverture: Décortiqueurs de fonio GMBF dans une entreprise au Mali (© T. Ferré, Cirad)

Table des matières

| | |
|--|----|
| 1. INTRODUCTION..... | 2 |
| 2. METHODOLOGIE..... | 3 |
| 3. EVOLUTION DE LA PRODUCTION DE FONIO AU MALI..... | 3 |
| 3.1. Une céréale marginale d'importance majeure | 3 |
| 3.2. Un bassin de production principal à cheval entre Mali et Burkina Faso | 4 |
| 3.3. Une croissance contrariée de la production du fonio au Mali | 4 |
| 4. EMERGENCE DU SECTEUR DES ENTREPRISES DE TRANSFORMATION DU FONIO..... | 5 |
| 4.1. Début des années 2000 : prélude à l'émergence du secteur | 5 |
| 4.2. Éparpillement et proximité des entreprises de transformation du fonio..... | 6 |
| 5. L'INNOVATION TECHNIQUE FACTEUR DE DEVELOPPEMENT DU SECTEUR | 7 |
| 5.1. Des entreprises pionnières toujours force d'entraînement du secteur | 7 |
| 5.2. Un accès généralisé au décorticage mécanique | 9 |
| 5.3. Une mécanisation qui s'étend peu à peu à d'autres opérations de transformation..... | 11 |
| 5.3.1. La précuisson du fonio, une opération toujours peu efficiente | 11 |
| 5.3.2. Des équipements de séchage de plus en plus performants | 13 |
| 5.3.3. Les fabricants de séchoirs à Bamako | 17 |
| 5.3.4. Le lavage et le dessablage, deux contraintes en voie de résolution | 18 |
| 6. CONCLUSION | 20 |
| 7. BIBLIOGRAPHIE | 21 |

1. INTRODUCTION

Le projet « Amélioration de l'après récolte et valorisation du fonio en Afrique » (Aval Fonio) s'est déroulé de janvier 2013 à juin 2016 et avait pour objectif spécifique de contribuer à la mécanisation des opérations post-récolte et de transformation du fonio (*Digitaria exilis* Stapf) par les petites entreprises au Burkina Faso, en Guinée, au Mali et au Sénégal.

Dans ces pays d'Afrique de l'Ouest, comme dans de nombreux pays africains, les systèmes alimentaires doivent s'adapter pour faire face aux besoins alimentaires de populations croissantes et à une urbanisation progressive qui entraîne de nouvelles habitudes de consommation. Ils doivent également contribuer à la réduction de la pauvreté en générant suffisamment d'activités et d'emplois afin d'absorber la croissance rapide de sa population active. Ainsi, au Mali et au Burkina Faso, l'économie alimentaire qui inclut l'agriculture, la transformation alimentaire, la commercialisation et la restauration hors domicile représente de l'ordre de 80% de l'emploi et 66% de l'emploi total pour l'Afrique de l'Ouest. Même si l'agriculture occupe un rôle primordial face à ces défis, augmenter la production agricole notamment par l'amélioration du rendement des productions n'est plus considéré comme la voie unique d'intervention. La part prépondérante du marché dans la consommation alimentaire des ménages urbains et ruraux (Bricas et *al.*, 2016) conduit progressivement les pouvoirs publics à prendre en compte les différents maillons intermédiaires entre la production et la demande alimentaire. Malgré tout, les politiques publiques intègrent encore trop peu souvent dans leurs programmes des composantes d'appui à l'innovation dans le domaine du post-récolte, de la transformation et de la distribution des produits agroalimentaires. Ce secteur constitué majoritairement d'artisans, de très petites entreprises (TPE) mais aussi d'un nombre croissant de petites et moyennes entreprises (PME) connaît pourtant un essor remarquable dans la transformation des produits agricoles. Cette dynamique portée par une grande diversité d'entreprises agroalimentaires constitue des opportunités remarquables qu'il convient de soutenir vigoureusement pour contribuer à nourrir plus durablement les populations et à donner des emplois aux millions de jeunes, plus de 17 millions pour l'ensemble de l'Afrique subsaharienne (Losch, 2012), qui arrivent chaque année sur le marché du travail.

L'intervention du projet Aval Fonio se situe dans cette perspective d'accompagnement du secteur de l'artisanat et de la PME agroalimentaire et vise à accroître son efficacité et sa durabilité. Plus spécifiquement, la composante « *WP4 : Processus d'innovation dans les petites agro-industries de transformation du fonio* » du projet Aval Fonio a été mise en œuvre afin d'améliorer nos connaissances pour l'action en matière de mécanisation des opérations de transformation du fonio.

Au Mali, où cette étude a été réalisée, le fonio a failli disparaître principalement en raison des difficultés liées à sa transformation (grains minuscules). On doit sa survie essentiellement aux agricultures familiales qui ont su maintenir sa production du fait que le fonio joue souvent un rôle de céréales de soudure dans l'attente des récoltes des autres productions.

Le fonio doit également sa survie à l'émergence dans les années 1990 de petites entreprises de transformation. Par la suite, dans la première décennie des années 2000, la place de ces acteurs intermédiaires entre producteurs et consommateurs s'est considérablement renforcée principalement grâce à la mécanisation du décorticage ainsi qu'à l'émergence de nouveaux marchés à la fois nationaux et internationaux.

2. METHODOLOGIE

Les résultats présentés dans ce document sont issus de travaux de recherche réalisés au Mali durant la période 2014 à fin 2016.

Les travaux de recherche, de l'année 2014, étaient principalement centrés sur la caractérisation des unités de transformation du fonio de la ville de Bamako. Une partie des enquêtes a été réalisée par Mlle Kadidiatou Coulibaly, étudiante inscrite en Master 2 « Economie Rurale et Stratégie des Entreprises Agroalimentaires (ERSEA) » de l'Université Montpellier.

L'étude a été effectuée en plusieurs étapes :

- Une recherche documentaire a d'abord été réalisée afin de repérer les unités de transformation du fonio qui avaient déjà été répertoriées lors de précédentes études et notamment au cours du projet européen INCO Fonio. Ce travail a été complété par des entretiens auprès des chercheurs et des personnels du Laboratoire de Technologie Alimentaire (LTA) de l'Institut d'Economie Rurale (IER) et auprès des animatrices de l'Association Malienne pour la Sécurité et la Souveraineté Alimentaire (AMASSA – Afrique Verte Mali).
- Un recensement des entreprises de transformation du fonio de la ville de Bamako a ensuite été effectué, quartier par quartier, en mai et juin 2014. De nombreuses unités ont été repérées via les entreprises déjà recensées. La plupart des responsables d'entreprises ont été rencontrés sur site, au sein des unités de transformation, afin de pouvoir vérifier de visu une partie des informations.
- Enfin, ces enquêtes auprès des entreprises de transformation ont été complétées par des entretiens avec des prestataires de services et des équipementiers de la ville de Bamako.

Le travail réalisé en 2016 sur l'étude de l'innovation décortiqueur de fonio GMBF, publiée dans le Livrable 19 (Ferré *et al.*, 2018), et qui s'appuie sur la méthode ImpresS (IMPact des REcherches au Sud) a également alimenté la synthèse présentée dans ce livrable 18.

3. EVOLUTION DE LA PRODUCTION DE FONIO AU MALI

3.1. Une céréale marginale d'importance majeure

Le Mali et le Burkina Faso voisin, font partie des pays les plus pauvres de la planète, se classant respectivement 175^{ème} et 185^{ème} au classement IDH (Indice de Développement Humain), sur 187 pays (PNUD, 2016). Ces deux pays connaissent encore aujourd'hui des problèmes de faim fortement liés à la pauvreté, avec des périodes de soudure plus ou moins importantes. Dans ces deux pays, les céréales constituent la base de l'alimentation et, pour de nombreuses personnes, l'essentiel de l'énergie alimentaire consommée.

Les données présentées dans le tableau 1 ci-dessous montrent clairement que le fonio, reste une céréale « marginale » en volume de production, très largement en deçà des productions de maïs, riz, mil ou sorgho. Dans ce tableau, sont indiquées les productions et les importations afin d'approcher le volume global de céréales consommé au Mali. Par ailleurs, les statistiques d'importations étant peu disponibles, notamment pour les importations en provenance de Guinée, il est fort probable que la consommation réelle du fonio au Mali soit très largement sous-estimée. En 2015, des commerçants, des transformateurs et des prestataires de services de Nouna, Bomborokuy ou Djibasso, au Burkina Faso, dans la province de la Kossi frontalière du Mali, ont mentionné à plusieurs reprises qu'ils effectuaient des exportations de fonio à destination du Mali. Ainsi, une entreprise de Bomborokuy avait contracté un marché d'une cinquantaine de tonnes de fonio décortiqué pour une des principales entreprises de transformation de Bamako.

Tableau 1: Place du fonio dans les productions céréalières du Mali en 2016

| Céréales | Productions (en tonnes) | Importations (en tonnes) |
|----------|----------------------------|-----------------------------|
| Mais | 2 811 385 | 286 |
| Riz | 2 780 905 | 250 090 |
| Mil | 1 806 559 | - |
| Sorgho | 1 393 826 | - |
| Fonio | 16 740 | - |

(source : FAOSTAT)

Même si le fonio occupe une place mineure en terme de volume de production par rapport aux autres céréales, il constitue une ressource vitale pour de nombreux producteurs et leurs familles. Il leur permet notamment d'affronter la période dite de «soudure» dans l'attente des récoltes des autres productions. De plus, sa rusticité et sa capacité à résister à la sécheresse font du fonio une culture alternative importante dans certaines conditions où des céréales telles que le riz ou le maïs se développeraient très difficilement.

3.2. Un bassin de production principal à cheval entre Mali et Burkina Faso

Le fonio n'est pas cultivé sur l'ensemble des territoires maliens et burkinabé. La carte suivante (figure 1) montre les principales zones de production ainsi que la continuité entre le principal bassin de production malien et le bassin de production du fonio au Burkina Faso. La mitoyenneté des zones de productions de part et d'autre de la frontière est propice aux échanges comme indiqué précédemment.



Figure 1. Principales zones de production de fonio au Burkina Faso et au Mali (d'après Cruz *et al.*, 2011)

3.3. Une croissance contrariée de la production du fonio au Mali

La courbe de production du fonio pour le Mali (figure 2) sur la période de l'année 2000 à 2017 révèle deux périodes. Une première phase, de 2000 à 2010, marquée par une progression quasi constante de la production de fonio. Globalement, en dix ans, la production de fonio passe de 22 000 tonnes à plus de 52 000 tonnes.

La deuxième phase, amorcée en 2011 est marquée par une production en dent de scie. On constate tout d'abord un effondrement brutal de la production de fonio qui chute à 17 388 tonnes en 2012. Cette chute de la production malienne s'explique par la conjonction de conditions climatiques défavorables (baisse de la pluviométrie) et de troubles politiques avec le début du conflit armé qui perdure. Puis, entre 2012 et 2017, la production fluctue remontant jusqu'à 37 284 tonnes mais redescendant à 16 740 tonnes en 2016. En comparaison, sur la même période, le Burkina Faso connaît des fluctuations de production de moins grandes ampleurs.

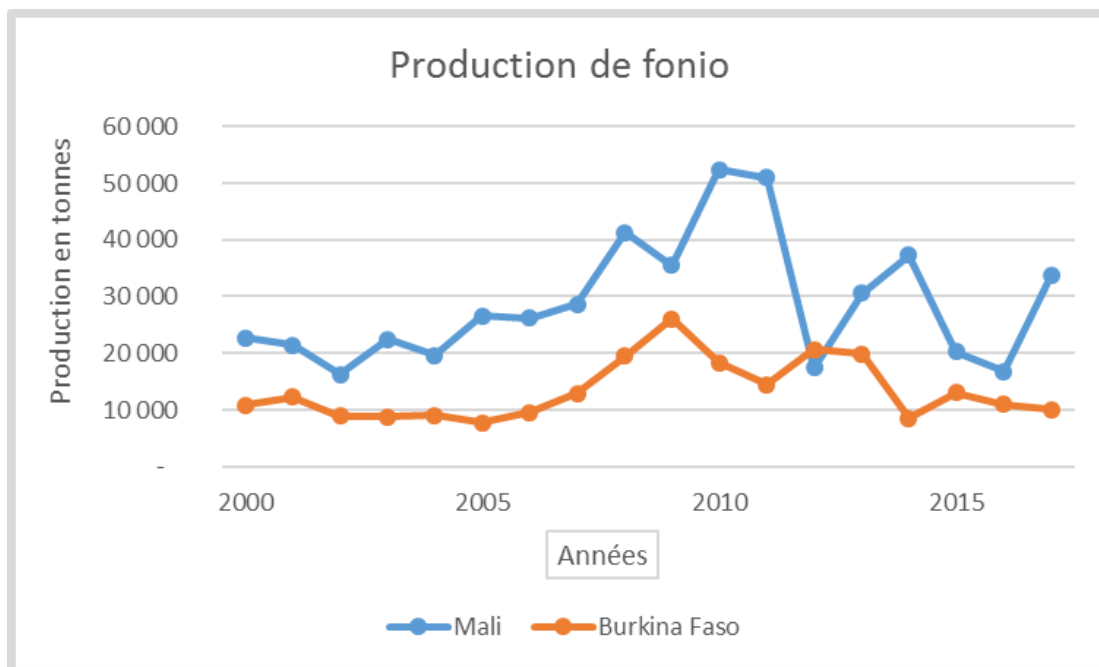


Figure 2. Evolution de la production de fonio au Mali et au Burkina Faso de 2000 à 2017 (Source: FAOSTAT)

4. EMERGENCE DU SECTEUR DES ENTREPRISES DE TRANSFORMATION DU FONIO

4.1. Début des années 2000 : prélude à l'émergence du secteur

Comme le montre de précédentes études (Cruz, 2011), en dehors de quelques villes secondaires comme Ségou, Kayes, San, Koutiala ou Sikasso, la très grande majorité des entreprises de transformation de fonio sont concentrées sur Bamako.

Le recensement effectué en 2014 dans le cadre du Projet Aval Fonio confirme l'attractivité de Bamako. Ce recensement a, en effet, permis d'inventorier 71 entreprises de transformation du fonio dans la capitale malienne, soit 34 entreprises de plus que lors de l'inventaire réalisée en 2007 dans le cadre du projet INCO Fonio.

L'analyse réalisée auprès de 45 unités, représentant donc 63 % de la population d'entreprises recensées, indique qu'il y aurait eu 15 nouvelles unités créées entre 2007 et 2015. L'étude révèle également qu'avant 2000 seule une dizaine de ces entreprises existait.

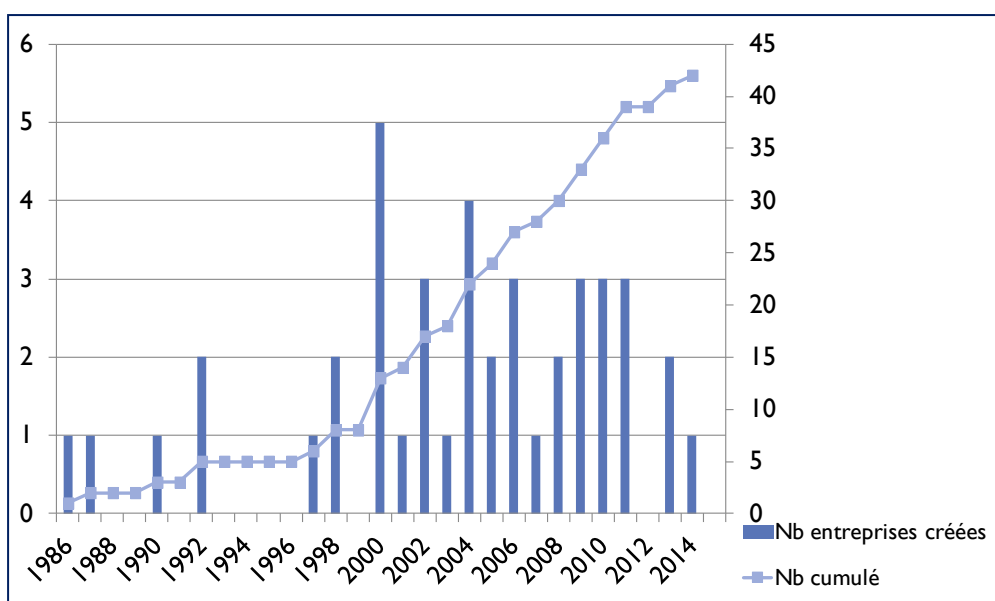


Figure 3. Création d'entreprises de transformation du fonio à Bamako (source : enquêtes 2014)

La figure 3 montre un net accroissement du nombre de création d'entreprises à partir de l'année 2000. A Bamako, 35 entreprises ont été créées sur un effectif de 45 unités observées soit près de 80% des entreprises de transformation du fonio créées sur la période des années 2000 à 2015.

4.2. Éparpillement et proximité des entreprises de transformation du fonio

Le recensement a permis d'identifier des entreprises de transformation du fonio dans 35 des 66 quartiers que compte la ville de Bamako. Cette activité reste donc très disséminée dans la capitale malienne et en dehors du quartier de Sebenikoro où l'on a identifié 5 unités (figure 4), on ne constate pas de véritable concentration d'entreprises dans certains quartiers de la ville.

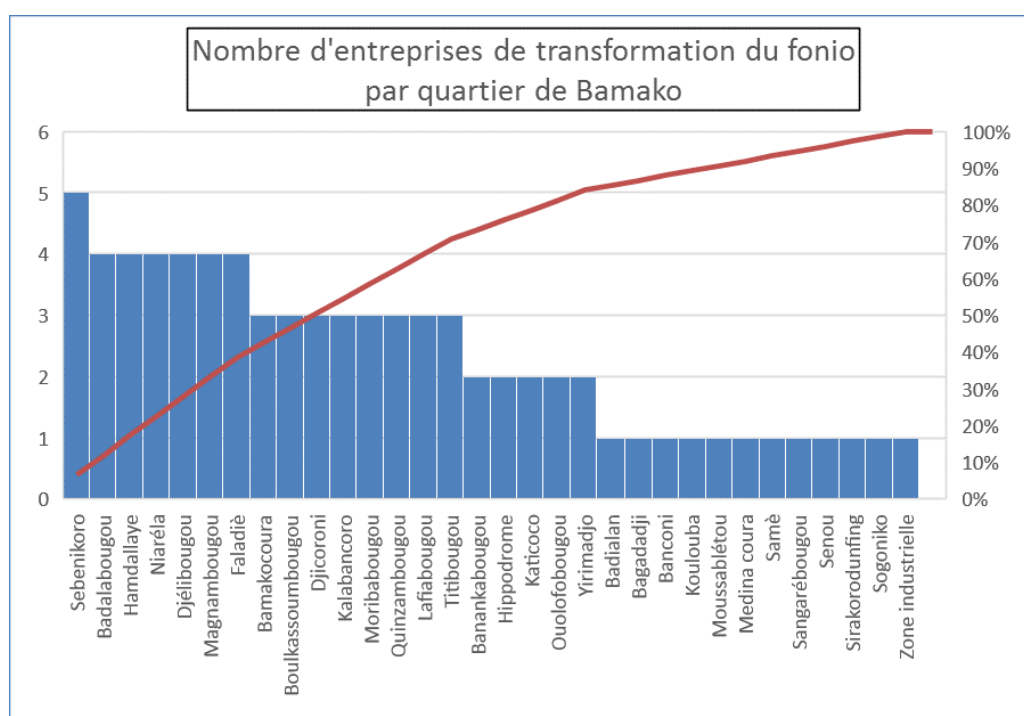


Figure 4. Répartition des entreprises de transformation de fonio par quartier de Bamako (Source : enquête 2014)

Cette dispersion des entreprises de transformation des céréales dans Bamako s'explique sans doute en partie par la nature du réseau de distribution des produits alimentaires qui demeure lui aussi très dispersé. Les consommateurs Bamakois ont accès aux produits principalement via les marchés de quartiers, les marchés centraux ainsi que par une multitude de boutiques et de supérettes répandues dans toute la ville. La proximité de ces points de vente et la vente directe aux consommateurs offrent un débouché pour les petites entreprises et facilitent leur maintien dans les quartiers. Sur les 71 unités identifiées seules, les entreprises UCODAL et DANAYA Céréales sont installées dans des zones industrielles du fait du développement de leur marché à l'international.

A la spécificité des modes de distribution des produits alimentaires s'ajoute la petite taille des unités de transformation du fonio comme facteur explicatif de leur persistance dans les quartiers d'habitation. A l'origine, la transformation du fonio, pratiquée à l'échelle domestique puis artisanale sans mécanisation ne génère que très peu de nuisances si ce n'est le bruit très familier du décortilage au pilon et au mortier. Avec l'accroissement du niveau de production et de la taille des unités et surtout avec l'introduction d'équipements motorisés apparaissent parfois les tensions de voisinage dans ces quartiers d'habitation. Une responsable d'entreprise précise, par exemple, qu'elle a des plaintes plusieurs fois par mois. Les plaintes sont souvent liées au bruit des moteurs des équipements mais aussi aux nuisances parfois occasionnées par le déversement des effluents à l'extérieur des entreprises sur les voies communes.

A Bamako, les pouvoirs publics et en premier lieu les autorités municipales devraient s'interroger sur les conséquences de la croissance de ce secteur des PME de transformation, marquée notamment par le développement de la mécanisation qui devrait s'intensifier au cours des prochaines années. D'une manière générale, une meilleure connaissance des spécificités du développement du secteur agroalimentaire en milieu urbain devrait favoriser sa prise en compte dans la mise en œuvre de politiques d'aménagement urbains plus durables.

5. L'INNOVATION TECHNIQUE FACTEUR DE DEVELOPPEMENT DU SECTEUR

5.1. Des entreprises pionnières toujours force d'entraînement du secteur

Dans l'ouvrage « *Le fonio, une céréale africaine* » (Cruz et Beavogui, 2011), les auteurs pointaient très justement le rôle déterminant, au début des années 1990, de quelques entreprises pionnières dans le renouveau de la filière fonio. Ces entreprises doivent leurs réussites aux capacités d'innovation de leurs dirigeantes qui ont perçues les attentes du marché en commercialisant un nouveau produit sur le marché local puis à l'export, le fonio précuit. Le fonio précuit répond aux attentes de consommateurs de la diaspora ouest-africaine en Europe et aux USA ainsi qu'à certains consommateurs urbains relativement aisés au Mali ou dans la sous-région. Dès lors, cette demande stimule fortement la croissance des unités de transformation qui sont alors freinées par les limites d'une production entièrement manuelle. De nos jours, la quasi-totalité des entreprises commercialise du fonio précuit.

Le changement d'échelle de production s'est produit avec l'innovation technique capitale qu'a été le décortiqueur GMBF (figure 5) à partir de l'année 2002. L'étude réalisée en 2016 sur la mécanisation du décortilage du fonio au Mali et au Burkina Faso (Ferré et *al.*, 2016) analyse les principaux ressorts de cette innovation qui a connu une large diffusion au Mali. Au début de ce processus on note le rôle déterminant d'entreprises pionnières qui ont su convaincre les chercheurs de s'intéresser à la mécanisation du fonio. Par la suite, dans le cadre de la réalisation d'un projet de recherche, c'est la mise en œuvre d'un partenariat entre ces transformatrices, les chercheurs et des équipementiers de Bamako dès la phase de conception qui est au centre de la démarche. La construction de relations de confiance entre ces parties prenantes s'est faite à travers les nombreuses interactions favorisées par une recherche collaborative. Les apprentissages croisés formels et informels ont permis de renforcer les capacités des parties prenantes et de mettre au point un équipement adapté aux besoins des PME et entièrement fabriquable localement. Le décortiqueur GMBF, fruit de cette collaboration, fabriqué par les équipementiers IMAF et SIPS à Bamako, a connu une large diffusion au Mali et se

commercialise dans de nombreux pays de la sous-région. Au Mali, dans un premier temps, ce sont les entreprises pionnières UCODAL, DANAYA Céréales et Kémé Yayé qui sont impactées. Avec l'intégration du décortiqueur GMBF dans leurs processus de transformation, ces trois unités connaissent une augmentation significative de leurs volumes de production de fonio. Elles passent de quelques dizaines de kilos ou quelques tonnes par an au maximum pour l'une d'entre elles, à respectivement 240, 280 et 18 tonnes de fonio traitées par an (tableau 2).



Figure 5. Décortiqueur de fonio GMBF dans une entreprise de Bamako (© T. Ferré, Cirad)

Les entreprises s'équipent progressivement de plusieurs décortiqueurs et ce en fonction de la montée en production pour pouvoir répondre à la demande. Ces entreprises, comme la quasi-totalité des autres unités de Bamako, achètent presque exclusivement du fonio décortiqué, appelé « prédécortiqué » au Mali. Dans ces conditions, l'équipement GMBF n'est utilisé que pour le blanchiment du fonio.

Tableau 2. Accroissement de la production des entreprises pionnières
(Source: enquêtes Aval Fonio 2015)

| | UCODAL (Bamako) | Kémé Yayé (Bamako) | DANAYA Céréales (Bamako) |
|--|--------------------|-----------------------|-----------------------------|
| Quantité de fonio traitée avant 2002 (t/an) | 5 tonnes | < 500 kg | < 500 kg |
| Quantité de fonio traitée en 2015 (t/an) | 200 à 240 | 15 à 18 | 150 à 280 |
| Nombre de décortiqueurs GMBF en 2015 | 3 | 2 | 4 |
| Part du fonio dans le C.A. en 2015 (%) | 80% | 80% | 60% |

Cette forte croissance de la production rend de plus en plus contraignant le maintien d'activités de transformation dans des locaux devenus trop exiguës et inadaptés. C'est ainsi qu'à la fin de l'année 2015, l'entreprise DANAYA Céréales installée jusque-là en pleine agglomération de Bamako ouvre sa toute nouvelle unité de production sur 700 m² dans la zone industrielle de Dialakorobougou située en périphérie de la capitale malienne (figure 6). Cette installation dans des locaux conçus à cet effet devrait permettre à l'entreprise équipée de 4 décortiqueurs GMBF (figure 7) d'atteindre à terme un objectif de transformation de 4 tonnes de fonio par jour afin de satisfaire les demandes croissantes tant sur le marché national qu'à l'exportation. C'est un palier supplémentaire qu'elle est encore la seule à avoir franchi. L'autre zone industrielle, du centre de la capitale, où est installée UCODAL s'avère peut-être moins propice au développement de l'activité.



Figure 6. Entreprise DANAYA en zone industrielle de Dialakorobougou à Bamako (© P. Thaunay, Cirad)



Figure 7. Salle de décortication de l'entreprise DANAYA Céréales (© P. Thaunay, Cirad)

5.2. Un accès généralisé au décortication mécanique

En 2014, sur les 71 entreprises de transformation du fonio recensées, seules 9 unités étaient équipées de décortiqueurs type GMBF (tableau 3). De toute évidence, les entreprises qui acquièrent un décortiqueur sont les entreprises qui transforment des volumes importants de fonio et qui sont en capacité d'autofinancer cet équipement commercialisé entre 1,5 et 1,8 millions de FCFA. Certaines entreprises ont parfois accès à des subventions via des ONG comme AMASSA-Afrique Verte ou via des projets de développement.

Tableau 3. Les entreprises de Bamako équipées de décortiqueurs de fonio (source : enquêtes 2014)

| Nom de l'entreprise | Nombre de décortiqueurs à fonio type GMBFen 2014 |
|---------------------|---|
| UCODAL | 3 |
| Dado Production | 2 |
| DANAYA céréales | 2 |
| Dunfen Minfen | 1 |
| Kèmè Yaye | 1 |
| UTPAM-SIGNUMAN | 1 |
| GIE Bonne maman | 1 |
| AMFFED | 1 |
| Dunkafa | 1 |

Toutefois, même si une minorité d'entreprises est équipée de décortiqueur de fonio, les enquêtes ont montré que la totalité d'entre elles avait accès à cet équipement, au moins à travers les 8 prestataires de services qui ont été répertoriés à Bamako en 2014. D'autres prestataires du même type sont également présents dans les villes secondaires proche des bassins de production de fonio. Les entreprises de Bamako s'approvisionnent également en fonio décortiqué via des prestataires installés au Burkina Faso. C'est notamment le cas des prestataires localisés dans la petite ville de Djibasso qui se trouve à quelques kilomètres de la frontière malienne (figure 8).



Figure 8. Prestataire de décorticage du fonio à Djibasso, Burkina Faso (© T. Ferré, Cirad)

In fine, particulièrement grâce à ces prestataires, la totalité des unités s'approvisionne en fonio décortiqué mécaniquement. Il en est de même du blanchiment, les prestataires réalisant également cette opération à façon. Cela est également confirmé par le fait que toutes les transformatrices urbaines interviewées ont affirmé qu'il n'existait plus de groupes de pileuses, travaillant au mortier et pilon, encore en activité à Bamako. Les responsables d'entreprises ont assuré que malgré la disparition de cette activité manuelle, le bilan en termes de création d'emplois était plutôt positif. Selon elles, la plupart du temps, du fait de l'augmentation de la production dans les entreprises, les femmes pileuses ont été recrutées pour les opérations de lavage-dessablage qu'elles jugent bien moins pénibles (figure 9).



Figure 9. Opération manuelle de lavage-dessablage du fonio dans une entreprise (© T. Ferré, Cirad)

Toujours selon les responsables d'entreprises, de plus en plus de femmes proposent de réaliser les opérations de lavage et de dessablage en prestation de services. Ce service est rémunéré de 3500 à 4000 FCFA le sac de 50 kg.

Les informations collectées auprès de deux prestataires enquêtés à San et Diakobougou dans la Région de Ségou et auprès d'une unité située en zone industrielle à Bamako attestent de la position stratégique conquise par ces prestataires en quelques années au vu des quantités importantes de fonio paddy qui sont décortiquées par ces nouveaux acteurs (tableau 4). Les personnels employés par ces prestataires sont presque essentiellement des hommes affectés à des tâches de manutention, de tamisage/cribleage et de décortilage.

Tableau 4. Principales caractéristiques de 3 prestataires de services de décortilage du fonio au Mali (Sources : enquêtes 2016)

| Prestataire | Début de l'activité « fonio » | Quantité transformée tonne/an | Nombre de décortiqueurs GMBF |
|---|----------------------------------|----------------------------------|---------------------------------|
| Coopérative « Finidonbala ton » (Diakobougou) | 2011 | 20 | 2 |
| UTC (San) | 2009 | 1200 | 6 |
| UVALC (Bamako) | 2013 | 76 | 4 |

5.3. Une mécanisation qui s'étend peu à peu à d'autres opérations de transformation

5.3.1. La précuisson du fonio, une opération toujours peu efficiente

Après le lavage et le dessablage, la plupart des unités de transformation du fonio de Bamako réalisent une opération de précuisson à la vapeur du fonio blanchi. Aujourd'hui encore, comme dans la plupart des activités de transformation des aliments, cette opération de cuisson est réalisée sur des foyers à bois ou à gaz. Si l'on se réfère aux bilans énergétiques réalisés dans le cadre du projet INCO Fonio,

la quantité d'énergie consommée par kg de fonio est de 2750 kJ dans le cas de l'utilisation d'un foyer à bois contre 660 kJ dans le cas d'un foyer à gaz (Rivier et Cruz, 2007). Les foyers à bois demeurent très peu efficaces (figure 10) mais restent toutefois les plus utilisés y compris dans les plus grosses unités de transformation. Sur la base des consommations de bois consignées par ces auteurs, une unité de transformation de fonio produisant 200 tonnes de fonio par an consommerait environ 45 tonnes de bois.



Figure 10. Foyers à bois pour la précuisson du fonio (© T. Ferré, Cirad)

Outre les impacts de l'utilisation du bois de feu sur l'épuisement des ressources forestières du Mali (figure 11), il faut également alerter sur les conséquences graves en terme de santé publique. Les substances chimiques dangereuses associées à la fumée de bois des feux ouverts (hydrocarbure aromatique polycyclique, formaldéhyde, oxydes d'azote, monoxyde de carbone, particules fines...) provoquent des maladies cardiorespiratoires et sont considérées comme une importante sources de mortalité. L'analyse des impacts de l'introduction de foyers améliorés ne semble pas indiquer de résultats probants sur l'amélioration de la santé des utilisateurs. Par contre, l'usage de foyer amélioré type Roudé par des artisanes productrices de bière traditionnelle permettrait d'économiser entre 36 et 38% de bois de chauffe (IOB, 2013).



Figure 11. Approvisionnement en bois de la capitale malienne (© T. Ferré, Cirad)

Les tentatives d'introduction de foyers à gaz améliorés de grandes tailles promus par certaines compagnies pétrolières (Rivier *et al.*, 2007), au Mali comme au Burkina Faso, n'ont pas connu le succès qu'elles en escomptaient. Quand bien même, il conviendrait que le développement du secteur agroalimentaire ne passe pas par un accroissement massif de la consommation d'énergies fossiles. Il est urgent que les chercheurs s'engagent sur la mise au point de solutions alternatives plus durables.

5.3.2. Des équipements de séchage de plus en plus performants

Une des nombreuses contraintes qui pèsent sur les PME de transformation du fonio concerne la faible disponibilité en équipements de transformation performants adaptés à leurs besoins. Le séchage est très certainement l'une des opérations qui a le plus suscité de propositions techniques.

5.3.2.1. Echec du séchoir coquillage

A partir des années 1980, les ONG telles que le GERES et le GRET ont conçu et appuyé la diffusion du séchoir coquillage (figure 12) pour les fruits, les légumes et les céréales (Cruz, 2011). Ce séchoir solaire indirect fut largement subventionné par des projets notamment au Burkina Faso, mais aussi au Sénégal et au Mali. Une fois ces différents soutiens terminés, la diffusion du séchoir coquillage s'est rapidement arrêtée. On voit encore de temps en temps quelques exemplaires de ces séchoirs dans certaines petites entreprises de transformation du fonio à Bamako. Son coût relativement élevé, environ 45 000 FCFA, pour une faible capacité d'environ 5 kg et un temps de séchage de 24 à 72 h, son encombrement et une utilisation entièrement dépendante des conditions atmosphériques rendaient ce séchoir inadapté aux entreprises de transformation du fonio en pleine croissance.



Figure 12. Séchoir coquillage (© T. Ferré, Cirad)

5.3.2.2. Large diffusion du séchoir à gaz Atesta à convection naturelle

Dans les années 1990 au Burkina Faso puis au Mali et dans d'autres pays de la sous-région, le séchoir à gaz et à convection naturelle Atesta (figure 13) développé par le Centre Ecologique Albert Schweitzer (CEAS) s'est largement diffusé d'abord pour le séchage des fruits et notamment de la mangue, puis pour d'autres produits alimentaires dont les céréales. Cet équipement de conception relativement simple est entièrement réalisé localement.



Figure 13. Séchoir Atesta utilisé pour les produits céréaliers (© T. Ferré, Cirad)

Le développement de la filière mangue séchée à l'exportation, a été déterminant dans le succès commercial de ce séchoir. La progression constante du marché export permettait aux entreprises positionnées sur ce marché, d'investir aisément environ 1 million de FCFA par séchoir Atesta. Les PME peuvent espérer un retour sur investissement sur une seule campagne. Aussi, il n'est pas rare de trouver plusieurs exemplaires de ce même séchoir dans une seule et même entreprise de séchage de mangues (figure 14). Cet équipement répond efficacement aux besoins des entreprises même s'il présente quelques inconvénients comme un cycle de séchage trop long (environ 20 heures), la nécessité d'une permutation des claies en cours de séchage et un faible rendement thermique (environ 30%).



Figure 14 : Série de séchoirs à gaz Atesta (© T. Ferré, Cirad)

Malgré les défauts évoqués, des centaines de séchoirs Atesta ont été construits par un réseau d'artisans en grande partie formés par le CEAS au Burkina Faso. Ces séchoirs sont encore aujourd'hui commercialisés dans toute la sous-région et notamment au Mali et en Côte d'Ivoire. Sa fabrication simple, son faible coût et sa relative facilité d'utilisation sont des atouts indéniables. L'autre avantage du séchoir Atesta est sa polyvalence qui permet son utilisation pour de très nombreux produits alimentaires. C'est ainsi que des transformatrices de céréales (fonio, produits roulés...) se sont équipées de séchoirs Atesta. Pendant longtemps ce modèle de séchoir est resté la seule option technique véritablement fonctionnelle, facilement disponible et à un prix accessible.

Le séchoir Atesta est incontestablement une innovation technique capitale qui a stimulé le développement de la filière mangue séchée puis qui a favorisé celui des filières céréales transformées comme le fonio au Burkina Faso et au Mali.

5.3.2.3. Diffusion encore limitée du séchoir à gaz CSec-T à convection forcée

Actuellement, l'une des propositions techniques les plus performantes pour le séchage des céréales, est le séchoir à flux traversant CSec-T (figure 15). Conçu par le Cirad au cours des années 2000, ce séchoir est équipé d'un brûleur à gaz et d'un ventilateur. Il a progressivement été optimisé par la recherche pour diminuer les temps de séchage et par conséquent les consommations de gaz, et réduire les fréquentes manipulations de claies qu'impose le séchoir Atesta (Marouzé, 2008).



Figure 15. Utilisation d'un séchoir à gaz type CSec-T (© T. Ferré, Cirad)

Le séchoir à flux traversant CSec-T permet un débit de séchage de l'ordre de 30 kg/h pour sécher du fonio de 35% à 10% d'humidité (Cruz, 2011). Lorsque l'équipement est réalisé en respectant le cahier des charges il est possible d'obtenir un rendement énergétique de l'ordre de 60% bien supérieur au 20% à 30% obtenus avec les séchoirs de type Atesta.

Aujourd'hui, malgré des performances avérées et la satisfaction des entreprises expérimentatrices, le niveau de diffusion du séchoir CSec-T reste limité à quelques entreprises. Nous ne l'avons observé en fonctionnement que dans les entreprises ayant participées aux expérimentations. Certains des exemplaires fabriqués plus récemment et observés dans ces mêmes entreprises présentent quelques défauts de fabrication. Ils sont dotés de ventilateurs mal dimensionnés et de brûleurs à gaz de puissances inadaptées provoquant d'importantes pertes de rendement énergétique et des surconsommations en gaz. En dehors du non-respect des plans de fabrication, les écarts par rapport aux cahiers des charges s'expliquent surtout par la difficulté pour les équipementiers de se procurer localement les pièces maitresses et notamment les ventilateurs centrifuges de la puissance requise.

La plupart du temps, les séchoirs à gaz observés dans les entreprises de transformation du fonio ne sont pas équipés de ventilateurs. Il s'agit d'enceintes de séchage à gaz à convection naturelle entièrement réalisées en métal qui s'apparentent à des fours de cuisson. Le contrôle des températures de séchage est difficile et occasionne là encore, des surconsommations en gaz et une qualité variable de produit. Contrairement aux séchoirs Atesta, ces équipements sont dépourvus de cheminée d'échappement d'air extérieur (figure 16) ce qui dans des locaux exigus ou mal conçus, du fait de l'air humide issu des séchoirs, crée des conditions ambiantes de travail difficiles pour le personnel.



Figure 16. Séchoirs à gaz dans une entreprise de Bamako (© I. Medah, IRSAT)

5.3.2.4. Le séchoir solaire ventilée CSec-S, un modèle prometteur

Ce séchoir, développé par le Cirad en collaboration avec ses partenaires africains ESP/UCAD, IER, IRAG, IRSAT, est bâti à partir d'une serre agricole (Cruz *et al.*, 2016). Les pignons sont équipés d'un côté d'une porte et de 2 fenêtres d'aération et de l'autre côté d'un ventilateur axial pouvant fonctionner sur panneaux solaire (figure 17). Il est équipé de 10 claies d'une capacité de chargement de 300 à 350 Kg de fonio humide à environ 35% qui peuvent être séchés à 10% en 24h (Cruz *et al.*, 2017).



Figure 17. Séchoir serre solaire CSec-S sur dalle bétonnée (© A. Diallo, ESP/UCAD)

Toutefois, nous avons pu constater que des modifications inappropriées avaient été apportées par certaines entreprises comme l'obstruction des trappes d'admission d'air ou un usage non rationnel de la ventilation. Ces erreurs aboutissent à la présence prolongée d'un air saturé d'humidité à l'intérieur du séchoir (figure 18) qui perturbe considérablement le séchage des grains et qui diminue d'autant les performances du séchoir.



Figure 18. Mauvaise utilisation d'un séchoir serre CSec-S montrant un air saturé d'humidité
(© T. Ferré, Cirad)

Ces mauvaises pratiques pourraient être corrigées par des formations renforcées et un suivi prolongé sur site des opérateurs en charge du séchage du fonio. Ce type d'accompagnement sur la durée pourrait être réalisé à la fois par les équipementiers et par des structures de type ONG. Ce fût le cas par exemple lors de l'intervention prolongée du CEAS auprès des artisans fabricants du séchoir et des transformatrices lors de la diffusion du séchoir Atesta.

Toutefois, ce séchoir nécessite près de 90 m² pour être implanté ce qui rend difficile sa diffusion en milieu urbain, où l'espace manque. Sa polyvalence et la possibilité de l'utiliser sur des sites isolés hors du réseau électrique devrait permettre plus facilement sa diffusion en milieu rural.

5.3.3. Les fabricants de séchoirs à Bamako

Lors de nos enquêtes, les transformatrices de fonio ont principalement fait référence à deux équipementiers de Bamako comme fournisseurs de séchoirs. Il s'agit de l'atelier NP (M. Nana L. Philémon) et de l'entreprise Mod-Engineering (M. Moussa Diarra). Ce dernier a travaillé avec les chercheurs à la production des premiers prototypes des séchoirs « serre solaire ventilée » (CSec-S) et « à flux traversant » (CSec-T) dans le cadre du projet INCO Fonio « Amélioration de la qualité et de la compétitivité de la filière fonio en Afrique de l'Ouest » sur la période 2006 - 2009. Comme nous l'avons mentionné, ces séchoirs équipent notamment les entreprises leaders du secteur.

Avant de s'installer au Mali en 2002, M. Nana L. Philémon de l'Atelier NP fut l'un des premiers artisans de l'association Atesta créée au Burkina Faso qui comptait 8 membres et produisait des chauffe-eau solaires et les séchoirs dénommés « Atesta ». Artisan feronnier, il n'a jamais voulu se lancer dans la fabrication de séchoirs Atesta car il estime que la structure en bois de ces séchoirs n'est pas adaptée aux conditions locales d'utilisation et il relate des cas d'incendies survenus dans des entreprises de Bamako. Il préfère alors réaliser des séchoirs en métal, matériau qu'il maîtrise mieux. Par ailleurs, il utilise des brûleurs à gaz industriels qui, selon lui, sont bien plus performants que celui mis en œuvre par ATESTA qu'il qualifie de : « *un tube percé de trous* ». Il insiste sur la qualité des

brûleurs industriels qui équipent ses séchoirs et qui, précise-t-il, permettent d'obtenir une flamme bleue signe d'une combustion complète. Le jour de notre entretien, il nous disait avoir livré son 216^{ème} séchoir depuis ses débuts dans la fabrication de séchoirs en 2005. Selon lui, rares sont les régions du Mali où l'on ne trouve pas ses séchoirs. Les premiers séchoirs à gaz qu'il a fabriqués ont été utilisés à Mopti/Sévaré pour le séchage du poisson.

Son séchoir à gaz de 12 claies et d'une capacité de 40 kg de produit est commercialisé à 250 000 FCFA. Celui d'une capacité de 120 kg, de 12 claies de plus grande taille, est vendu à 650 000 FCFA (figure 19). Le temps de séchage du fonio serait d'environ 1 heure. Les transformatrices font plusieurs cycles de séchage et selon lui peuvent sécher jusqu'à 300 kg dans une même journée.



Figure 19. Atelier N.P. de production de séchoirs à Bamako (© T. Ferré, Cirad)

Concernant les séchoirs de type CSec-T, il perçoit certaines contraintes qui limitent une plus large diffusion de cet équipement dans les entreprises. L'obstacle majeur vient selon lui de l'utilisation d'un ventilateur fonctionnant en 380 volts qui oblige les entreprises à l'installation d'un compteur électrique spécifique trop coûteux. Par ailleurs, il nous signale que suite à une longue pénurie de gaz survenue au Mali en 2012, il a dû procéder à des modifications de ses séchoirs à la demande des transformatrices. Il a dû incorporer des foyers à bois lors de la fabrication des séchoirs, afin de pouvoir remplacer le brûleur à gaz en cas de nécessité.

Les relations de confiance qu'il a développé avec de nombreuses transformatrices, confirmées lors de nos visites dans les entreprises, ainsi qu'avec les chercheurs de l'IER/LTA et avec certaines ONG, son expérience dans la production de différents types de séchoirs, son intérêt pour l'expérimentation en font certainement un interlocuteur pertinent dans la recherche de solutions adaptées aux besoins des transformatrices et aux capacités de production des équipementiers.

5.3.4. Le lavage et le dessablage, deux contraintes en voie de résolution

L'opération de lavage intervient après le décorticage et le blanchiment du fonio. Elle permet d'éliminer les poussières et les sons souvent adhérent aux grains. Différents prototypes de laveurs ont été testés avant d'être abandonnés (Cruz, 2016).

L'idée d'utiliser des laveurs rotatifs de type « bétonnière » (figure 20) a été proposée par le Cirad lors de la mission de coordination réalisée à Bamako en mars 2014 et d'une visite effectuée à la Société Ucodal (Cruz, 2014).



Figure 20. Essai du laveur rotatif au Mali (© Nana Philémon, Bamako)

Les tests réalisés en laboratoire et en entreprises au Mali ont permis de valider cet équipement simple pour le lavage du fonio. Il permet également, avec un peu de savoir-faire, de retenir en fond de cuve une partie du sable présent dans le fonio. Cet équipement est disponible à Bamako pour un prix de l'ordre de 350 000 FCFA (540 €).

La mécanisation du dessablage est une tâche beaucoup plus complexe à laquelle la recherche s'est attachée depuis 2001. Après un long processus de mise au point, alternant des tests en laboratoire et des essais en entreprises de plusieurs prototypes de dessableur hydrolift, quatre de ces équipements (figure 21) ont été placés dans 4 PME situées à Bamako (Mali), Bobo Dioulasso (Burkina Faso) et Kédougou (Sénégal).



Figure 21. Le dessableur *hydrolift* en entreprise (© T. Ferré, Cirad)

Intégré dans la chaîne de production, le dessableur hydrolift fonctionne à un débit de 80 à 100 kg/h avec un taux résiduel de sable inférieur à 200mg/kg qui est considéré comme satisfaisant par les opérateurs. Compte tenu de sa capacité, cet équipement est adapté aux entreprises traitant au minimum une cinquantaine de tonnes de fonio par an (Cruz *et al.*, 2016). L'autre frein à sa diffusion est que seule une partie du dessableur est actuellement réalisable par les entreprises locales. Des adaptations sont encore nécessaires pour envisager une fabrication entièrement locale qui permettrait une réduction des coûts de production et peut-être rendre cet équipement accessible à un plus grand nombre. L'autre alternative réside dans son utilisation en prestation de service et ainsi permettre à un plus grand nombre de TPE d'en bénéficier.

6. CONCLUSION

Le décortiqueur de fonio GMBF comme le séchoir à gaz Atesta sont des innovations techniques qui connaissent une large diffusion bien au-delà du territoire où elles ont été mises au point. À l'analyse, les deux processus qui ont conduit à ces innovations nous paraissent comporter des analogies fortes. Sans doute pouvons-nous repérer dans ces trajectoires de réussite non pas la recette du succès mais un ensemble de bonnes pratiques qui permettent d'accroître les éventualités d'aboutir à des outils adaptés aux besoins des utilisateurs, les PME agroalimentaires. Dans les deux cas, l'essor des filières des productions biologiques et du commerce équitable a permis à des produits d'accéder à des marchés internationaux. L'émergence puis le développement de ces marchés s'est avéré un puissant stimulus qui a conduit les entreprises à s'adapter et à innover pour répondre à la demande.

L'autre similitude que nous percevons est qu'à l'origine de ces deux processus d'innovation des acteurs locaux se sont très fortement investis comme porteurs d'une démarche de changement. C'est le cas au Mali où des transformatrices de fonio s'attachent à développer leurs débouchés au plan national et à l'exportation et c'est également le cas au Burkina Faso avec l'ONG CEAS qui soutient le développement de la filière mangue séchée à l'exportation. Certes il s'agit d'acteurs de natures différentes mais chacun d'eux, en tant que porteur, va chercher à constituer de petits collectifs pour débloquer une situation sous contrainte. Dans ces équipes, la recherche est présente très tôt voire même à l'initiative de la démarche, pour contribuer à analyser les points de blocage, identifier les voies de résolution et accompagner à la conception des solutions. Ainsi, les responsables de PME ont su convaincre très tôt les chercheurs du Cirad et de ses partenaires IER, IRAG et IRSAT de travailler à lever la contrainte du décorticage. Le CEAS dispose en interne d'une équipe dédiée aux activités de recherche-développement qui a initié le processus.

Invariablement, des artisans ou équipementiers ont également été très vite associés à ces petits collectifs. En interaction avec les chercheurs et les transformatrices ils sont à des degrés variables parties prenantes de la démarche dès la phase de conception. La constitution de ces collectifs associant précocement, futures utilisatrices, équipementiers et chercheurs est un des points remarquables de ces deux processus d'innovations. Les apprentissages croisés, formels ou informels, entre les acteurs de ces petits groupes, ont été essentiels à l'émergence de solutions aux problèmes rencontrés en cours de démarche (Ferré *et al.*, 2016). Le renforcement des capacités des parties prenantes est au cœur de ces processus. Il repose sur la construction de relations de confiance entre acteurs et s'accomplit progressivement sur des pas de temps de plusieurs années.

Concernant les nouvelles propositions d'équipements comme les séchoirs CSec-T et CSec-S ou le dessableur hydrolift, on s'interroge sur les raisons qui limitent encore leur diffusion. Alors que les performances de ces équipements ont été totalement validées tant par les chercheurs que par les transformatrices ils sont présents seulement dans quelques unités de production. S'agissant du séchoir serre et du dessableur hydrolift la raison première tient probablement au fait qu'étant donné leurs capacités importantes et leurs coûts ils sont destinés à des entreprises traitant des volumes importants évalués à au moins cinquante tonnes de fonio par an dans le cas de l'hydrolift (Cruz *et al.*, 2016). L'enquête réalisée en 2014 à Bamako montre qu'à ce stade, seules 3 entreprises sont concernées sur les 71 unités recensées. L'autre contrainte qui nous paraît être un facteur limitant concerne la fabricabilité locale. Pour ce qui est du décortiqueur GMBF comme du séchoir Atesta cette dimension

a été intégrée précocement dès la phase de conception ce qui n'est pas entièrement le cas du séchoir CSec-S comme du dessableur dont les composantes principales doivent être importées. Bien qu'ayant été conçu pour une fabrication locale, le séchoir CSec-T se heurte à la difficulté de trouver aisément auprès de fournisseurs locaux des ventilateurs de la puissance requise.

En terme de perspectives, l'incorporation de pratiques durables dans les PME agroalimentaires devient un enjeu majeur. La question énergétique notamment, est capitale car le développement du secteur agroalimentaire se traduit actuellement par une dépendance accrue aux énergies fossiles importées (pétrole et gaz) et une pression de plus en plus forte sur les ressources forestières (bois de feu et charbon). Il s'agit notamment d'optimiser l'efficacité des procédés de transformation afin de réduire les consommations énergétiques et les consommations d'eau mais également pour améliorer la qualité des produits.

7. BIBLIOGRAPHIE

Bricas N., Tchamda C., Mouton F., 2016. L'Afrique à la conquête de son marché alimentaire intérieur. Enseignements de dix ans d'enquêtes auprès des ménages d'Afrique de l'Ouest, du Cameroun et du Tchad. Paris . AFD, 132 p.

Cruz J-F, Kébé C. M. F., Rivier M., Diallo A., Anne Alkassoum A., 2017. Expérimentation en milieu contrôlé et en entreprise du séchoir serre solaire CSec-S. Livrable 11. Projet Aval Fonio. Amélioration de l'après récolte et valorisation du fonio en Afrique. Montpellier: Cirad-ESP/UCAD, 18 p.

Cruz J-F., Thaunay P., Goli T., Fleuriot J-P., Delpech A., Ferré T., Medah I., Guindo F., 2016. Valorisation du fonio. Le dessableur hydrolift. In : Adaptation et résilience du changement climatique pour un développement durable: place et rôle de la science, de la technologie et de l'innovation. ANVAR. Ouagadougou : s.n., 1 p. Forum national de la Recherche Scientifique et des Innovations Technologiques (FRSIT). 11, Ouagadougou, Burkina Faso, 19 Novembre 2016/26 Novembre 2016.

Cruz J-F., Goli T., Thaunay P., Guindo F., 2016. Mécanisation du lavage et du dessablage du fonio. Livrable 5. Projet n°AURG/2/161. Aval Fonio. Amélioration de l'après récolte et valorisation du fonio en Afrique. Montpellier : Cirad-IER, 17 p.

Cruz J-F., 2014. Amélioration de l'après récolte et valorisation du fonio en Afrique. Projet Aval Fonio. Rapport annuel janvier à décembre 2014. Cirad –Persyst, Montpellier, France, 36 p.

Cruz J.F., Béavogui F., Dramé D. 2011. Le fonio, une céréale africaine. Collection Agricultures tropicales en Poche, Quae, Cta, Presses agronomiques de Gembloux, 175 p.

Ferré T., Cruz J-F., Medah I., Chtioui M., Dabat M-H., Devaux-Spatarakis A., Bore Guindo F. (collab.), Coulibaly A. T. (collab.). 2016. La mécanisation du décorticage du fonio au Mali et au Burkina Faso. Etude de cas. s.l. : Cirad, 60 p.

IOB, 2013. Évaluation d'impact des foyers améliorés au Burkina Faso. Direction de l'Évaluation de la politique et des opérations (IOB) Ministère néerlandais des Affaires étrangères. Evaluation N°388. La Haye, Pays-Bas. 98p.

Losch B., 2012. Prévention des crises en Afrique subsaharienne. Relever le défi de l'emploi : l'agriculture au centre. Perspective - Cirad (19), pp 1-4.

Marouzé C., Cruz J-F., Rivier M., Fliedel G. (collab.), 2008. D5. Equipements pour le séchage du fonio : projet n°. 015403 FONIO. Amélioration de la qualité et de la compétitivité de la filière fonio en Afrique de l'Ouest. Montpellier : CIRAD, 18 p.

PNUD, 2016. Rapport sur le développement humain 2016. Le développement humain pour tous. 43p.

Rivier M., Cruz J-F., Fliedel G., 2007. Étude de la précuisson du fonio au sein de petites entreprises de transformation à Bamako (Mali) et à Ouagadougou (Burkina Faso). D7, projet INCO Fonio. Amélioration de la qualité et de la compétitivité de la filière fonio en Afrique de l'Ouest.Cirad, Montpellier, 12 p.